



Основная профессиональная образовательная программа
03.04.02 Физика
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

(подпись)

В.В. Новиков

28 августа 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика и технологии наноматериалов

Уровень высшего образования:	Магистратура
Квалификация выпускника:	Магистр
Направление подготовки:	03.04.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы:	Физика функциональных материалов и наноматериалов

Иваново



Основная профессиональная образовательная программа
03.04.02 Физика
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

1. Цели освоения дисциплины

Познакомиться со строением, свойствами и функциональными возможностями различных наноструктурированных материалов, использующихся в электронике, уметь практически реализовывать полученные теоретические знания и экспериментальные навыки при работе с этими материалами, используя широкий набор экспериментальных методов для определения и управления их структурой с целью улучшения прикладных свойств.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы знания, полученные при изучении дисциплин: "Математика", "Физика", "Химия", Прикладная механика", "Физическое материаловедение", "Физика конденсированного состояния вещества", "Физика поверхности", "Физика жидких кристаллов", "Информационные технологии",.

Обучающийся должен:

Знать: теоретические основы оптики, электрически и магнитных явлений, физики конденсированного состояния вещества, математического анализа, анализа экспериментальных данных, основные информационные технологии по получению и анализу информации, получаемой из сети Интернет.

Уметь: проводить наблюдения и измерения физических величин, физические и химические эксперименты, математические расчеты, анализ и обработку экспериментальных данных с использованием компьютерных программ, поиски информации в сети Интернет.

Иметь: практический опыт наблюдения и измерения физических величин, проведения физических и химических экспериментов, математических расчетов, анализа и обработки экспериментальных данных, поиска информации в сети Интернет.

Материал курса может быть полезным при изучении ряда специальных дисциплин таких как "Современные проблемы физики материалов", "Зондовые методы контроля и модификации материалов", "Триботехнические материалы", производственной и преддипломной практик, подготовки ВКР.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

- а) универсальные (УК): нет;
- б) общепрофессиональные (ОПК): нет;
- в) профессиональные (ПК):

ПК-3 - Способен выполнять работы по анализу научно-технической информации и результатов исследований в своей области специализации, в том числе находящихся на стыке различных областей наук.

ПК-5 - Способен выполнять операции контроля, измерения и испытания для выявления параметров состава, структуры и свойств материалов.

ПК-6 - Способен осуществлять контроль состояния испытательного, измерительного и контрольного оборудования, обеспечивать его подготовку и функционирование.

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:



Основная профессиональная образовательная программа
03.04.02 Физика
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

Знать: о строении, свойствах и функциональных возможностях наноматериалов, использующихся или имеющих перспективы использования в устройствах электроники и микромеханики (ПК-3);

Уметь: понимать, и критически анализировать экспериментальную информацию о структуре и свойствах наноматериалов, пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами взаимосвязи структуры и свойств наноматериалов для их структурной модификации. (ПК-3, ПК-5);

Иметь практический опыт/Иметь навыки: получения экспериментальной информации о структуре и свойствах наноматериалов и критического её анализа с учетом оценки состояния используемого оборудования, для модификации их структуры и, как следствие, управления их функциональными возможностями (ПК-3, ПК-5, ПК-6).

4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов).

4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной форме обучения)		Формы текущего контроля успеваемости (по очной форме обучения) Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	
1.	Введение в проблематику дисциплины, представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации.	1	2	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов. Список вопросов, интересующих студента, по содержанию дисциплины,.
2.	Наноструктурированные материалы.	1	6	4	Опорный конспект. Доклад с презентацией.
3.	Физические основы нанoeлектроники.	1	4	4	Опорный конспект. Доклад с презентацией.
4.	Методы нанотехнологии.	1	8	6	Опорный конспект. Доклад с презентацией.
5.	Нанoeлектронные приборы и системы.	1	8	6	Опорный конспект. Доклад с презентацией.
6.	Анализ промежуточных результатов освоения дисциплины	1		2	Контрольная работа.
Итого за семестр:			28	24	Экзамен



4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

1. Введение в проблематику дисциплины, представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации. Введение в проблематику дисциплины, представление рабочей программы, осмысление требований к организации процесса обучения, самостоятельной работы и форм аттестации.

2. Наноструктурированные материалы. Классификация, размерные эффекты и свойства нанообъектов. Определение наночастицы. Атомы и молекулы. Кристаллы и кристаллиты. Кластеры. Самосборка и самоорганизация наноструктур. Углеродные кластеры. Фуллерены. Фуллериты и фуллериды. Нанотрубки. Фотонные кристаллы. Органические проводники и полупроводники. Пленки поверхностно-активных веществ (ЛБ-плёнки). Управляемая ДНК-сборка наноструктур.

3. Физические основы нанoeлектроники. Закон Мура. Стена Мура. Элементы зонной теории. Гетеропереходы. Гетероструктуры и барьеры Шоттки. Сверхрешетки. Квантовые ямы, нити, точки. Электрофизические свойства наночастиц. Явление сверхпроводимости в наноматериалах. Оптические свойства полупроводниковых наночастиц. Закон масштабирования и его применение в нанoeлектронике. Основы одноэлектроники. Кулоновская лестница. Спин-зависимый транспорт носителей заряда. Эффект Кондо в квантовых точках. Гигантское магнитосопротивление.

4. Методы нанотехнологии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия на основе металлоорганики. Формирование наноструктур на основе коллоидных растворов. Золь-гель технология. Методы молекулярного наслаивания и атомно-слоевой эпитаксии. Сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков. Искусственное нанoформирование. Самоорганизация при эпитаксиальном росте. Литографические методы формирования наноструктур. Оптическая, рентгеновская, электронная, ионная литографии. Возможности пучковых методов нанолитографии в нанoeлектронике. Нанопечатная литография. Ионный синтез квантовых наноструктур.

5. Нанoeлектронные приборы и системы. Нанoeлектронные конденсаторы, аккумуляторы энергии и топливные элементы. Нанотранзисторы на основе структур кремний на сапфире. Нанотранзисторы с гетеропереходами. Нанодиоды и нанотранзисторы с резонансным туннелированием. Нанодиоды и нанотранзисторы на основе нанотрубок. Нанoeлектронные лазеры с горизонтальными и вертикальными резонаторами. Оптические модуляторы. Дисплеи и осветительные приборы на основе нанотрубок. Перспективы создания дисплеев-невидимок. Фотоприемники: на квантовых ямах, на квантовых точках. Логические элементы для нанокomпьютеров: квантово-точечные клеточные автоматы, молекулярные переключатели, одноэлектронные транзисторы. Квантовые компьютеры (КК): квантовые вычисления, кубит, структура квантового компьютера, квантовый регистр, квантовый процессор, основные требования и практическая реализация КК, перспективы развития квантовых компьютеров. Нанoeлектронные системы: однокристалльные системы, системы для компьютера, системы беспроводной связи, перспективы развития нанoeлектронных систем.

5. Образовательные технологии

Традиционные образовательные технологии: классическое лекционное обучение (лекционные занятия), обучение с помощью учебной книги (самостоятельная работа), обучение с помощью системы малых групп (при проведении лабораторных и практических занятий),

Информационно-коммуникационные образовательные технологии: технологии смешанного обучения, включающие в себя поиск информации в Интернете (самостоятельная работа), применение специализированных пакетов для получения анализа экспериментальных данных и



Основная профессиональная образовательная программа
03.04.02 Физика
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

построения экспериментальных зависимостей (практические занятия), применение аудиовизуальных технических средств (лекционные занятия).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Основной способ организации самостоятельной работы студентов — самостоятельная подготовка к выполнения практических работ по методическим указаниям. Полностью весь методический материал по обеспечению самостоятельной работы студентов приведен в Приложении 1 к РП.

7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Система контроля по дисциплине включает: входной контроль; текущий контроль и итоговый контроль – экзамен.

В текущем контроле используются проверка опорных конспектов и материалов практических занятий и домашних заданий.

Итоговая контрольная работа оценивается по пятибалльной шкале.

Допуск на экзамен происходит при наличии отчетов по домашним и практическим заданиям с положительной оценкой за их выполнение.

Экзамены проходят устно. В качестве оценочных средств используются: комплект экзаменационных билетов и дополнительные ситуационные вопросы. Билеты экзамена содержат два теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале. Используются следующие критерии оценки:

«5» — студент полностью раскрывает тему вопроса, самостоятельно и полно отвечает на дополнительные вопросы, связанные с темой вопроса;

«4» — студент полностью раскрывает тему вопроса, но затрудняется отвечать на дополнительные вопросы, связанные с темой вопроса; или тема вопроса раскрыта не полностью, но студент уверенно отвечает на дополнительные вопросы, связанные с темой вопроса.

«3» — студент не полностью раскрывает тему вопроса и затрудняется отвечать на дополнительные вопросы, связанные с темой вопроса;

«2» — студент не раскрывает тему вопроса, проявляет незнание базовых терминов и понятий, необходимых для раскрытия темы.

Оценка за экзамен ставится как среднеарифметическое баллов за ответы на вопросы экзаменационного билета с учетом ответов на дополнительные ситуационные вопросы. Результат округляется до целого числа.

Вопросы экзаменационных билетов и типы дополнительных ситуационных вопросов приведены в фонде оценочных средств (Приложение 2)

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: монография / А.И. Гусев. - 2-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2009. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68859> (11.11.2015).
2. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин. - М. : Физматлит, 2010. - 454 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68876> (11.11.2015).
3. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий. Учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 431 с. – ISBN 978-5- 9963-0346-5.



Основная профессиональная образовательная программа
03.04.02 Физика
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

4. Андреевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 252 с. – ISBN 978-5-9963-0622-0. <https://znanium.com/catalog/document?id=366004>.
5. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Уткина У.А. Нанoeлектроника. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 223 с. ISBN 978-5-94774-914-4. <https://knigogid.ru/books/1850890-nanoelektronika/toread>

Дополнительная литература:

1. Борисенко В.Е. Нанoeлектроника: учебное пособие / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 223 с. ISBN 978-5 94774-914-4
2. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур: учебное пособие / А.А. Барыбин, В.А. Бахтина, В.И. Томилин, Н.П. Томилина. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. - 236 с. - ISBN 978-5-7638-2396-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229593> (11.11.2015).
3. Дегтяренко, Н.Н. Специальные разделы квантово-механических методов расчетов свойств кластеров и наноматериалов : учебное пособие / Н.Н. Дегтяренко. - М. : МИФИ, 2008. - 156 с. - ISBN 978-5-7262-1074-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231586> (11.11.2015).
4. Сергеев, А.Г. Нанометрология / А.Г. Сергеев. - М. : Логос, 2011. - 415 с. - ISBN 978-5-98704-494-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84986> (11.11.2015).

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет» <https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru;

<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, выполнения курсовых работ (проектов) с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и



Основная профессиональная образовательная программа
03.04.02 Физика
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: персональный компьютер, проектор, экран.

Автор рабочей программы дисциплины: профессор кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий, доктор физ.-мат. наук, доцент Александров А.И.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий 28 августа 2024 г., протокол № 1

Приложение 1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины,

Приложение 2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.